



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 07 171 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁷:
H 03 M 7/46
H 04 N 7/26

②1 Aktenzeichen: 100 07 171.6
②2 Anmeldetag: 17. 2. 2000
④3 Offenlegungstag: 30. 8. 2001

DE 100 07 171 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:
Hutter, Andreas, Dr., 81539 München, DE; Pandel,
Jürgen, Dr., 83620 Feldkirchen-Westerham, DE;
Kutka, Robert, Dr., 82269 Geltendorf, DE;
Buschmann, Ralf, Dr., 85635
Höhenkirchen-Siegertsbrunn, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

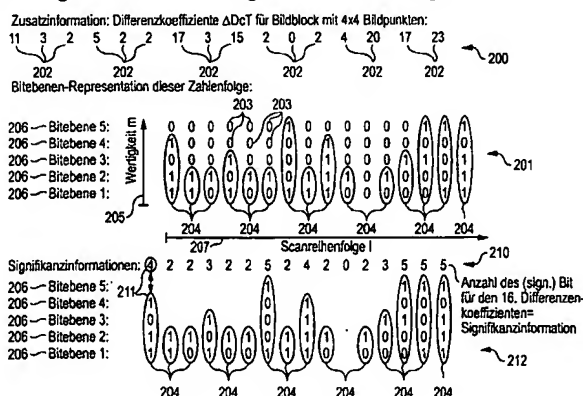
Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Anordnung zur Codierung bzw. zur Codierung und Decodierung einer Zahlenfolge

⑤7 Bei dem Verfahren und der Anordnung zur Codierung bzw. Codierung und Decodierung einer Zahlenfolge, umfassend Zahlen, deren jede dargestellt ist durch höchstens m signifikante Ziffern und deren jede eine Folgeinformation 1 zugewiesen ist, wird für jede Zahl eine Signifikanzinformation bestimmt, welche ein Maß für eine Anzahl der Ziffern dieser Zahl ist. Die Zahlenfolge wird aufgespalten in m Ziffernfolgen, wobei die i-te Ziffernfolge nur die i-ten signifikanten Ziffern der Zahlen umfasst. Die Signifikanzinformationen werden unter Berücksichtigung der Folgeinformationen 1 codiert. Ferner werden die m Ziffernfolgen codiert.

Bei der Decodierung werden aus der codierten Ziffernfolge die Ziffern der Zahlenfolge unter Verwendung eines zu der Codierung inversen Verfahrens rekonstruiert.



DE 100 07 171 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Codierung oder Codierung und Decodierung einer Zahlenfolge.

Ein solches Verfahren ist aus [1] bekannt und wird üblicherweise bei einer Bildkomprimierung durchgeführt.

Verfahren zur Bildkomprimierung mit dazugehörigen Anordnungen sind bekannt aus [2], [3] und [4].

Das aus [2] bekannte Verfahren dient im Bildcodierungsstandard MPEG2 zur Codierung und Decodierung einer Folge von digitalen Bildern und basiert auf dem Prinzip einer blockbasierten Bildcodierung.

Die Verfahren und Anordnungen zur Codierung und Decodierung eines digitalisierten Bildes gemäß [3] oder [4] entsprechend einem der Bildcodierungsstandards H.261 [3] oder JPEG [4] basieren ebenfalls auf dem Prinzip der blockbasierten Bildcodierung.

Ähnliche Verfahren werden für die Bildtelefonie mit $n \times 64$ kbit/s (CCITT-Empfehlung H.261), für die TV-Kontribution (CCIR-Empfehlung 723) mit 34 bzw. 45 Mbit/s und für Multimedia-Applikationen mit 1,2 Mbit/s (ISO-MPEG-1) verwendet.

Zur blockbasierten Bildcodierung wird, wie es aus [2] bekannt ist, das Verfahren einer blockbasierten, hybriden Diskreten Cosinus Transformation (DCT) verwendet.

Die blockbasierte, hybride DCT besteht aus einer zeitlichen Verarbeitungsstufe (Interframe-Codierung), die Verwandtschaftsbeziehungen aufeinanderfolgender Bilder ausnutzt, und einer örtlichen Verarbeitungsstufe (Intraframe-Codierung), die Korrelationen innerhalb eines Bildes ausnutzt.

Die örtliche Verarbeitung (Intraframe-Codierung) entspricht im wesentlichen der klassischen DCT-Codierung.

Das Bild wird in Blöcke von 8×8 Bildpunkten zerlegt, die jeweils mittels der DCT transformiert werden. Das Ergebnis ist eine Matrix von 8×8 Koeffizienten, die näherungsweise die zweidimensionalen Ortsfrequenzen im transformierten Bildblock widerspiegeln. Ein Koeffizient mit Frequenz 0 (Gleichanteil) stellt einen mittleren Grauwert des Bildblocks dar.

Nach der Transformation findet eine Datenexpansion statt. Allerdings wird in einer natürlichen Bildvorlage eine Konzentration der Energie um den Gleichanteil (DC-Wert) stattfinden, während die häufigsten Koeffizienten meist nahezu Null sind.

In einem nächsten Schritt erfolgt eine spektrale Gewichtung der Koeffizienten, so dass die Amplitudengenauigkeit der hochfrequenten Koeffizienten verringert wird. Hierbei nutzt man die Eigenschaft des menschlichen Auges aus, hohe Ortsfrequenzen weniger genau aufzulösen als niedrige.

Ein zweiter Schritt der Datenreduktion erfolgt in Form einer adaptiven Quantisierung, durch die die Amplitudengenauigkeit der Koeffizienten weiter verringert wird bzw. durch die die kleinen Amplituden zu Null gesetzt werden. Das Maß der Quantisierung hängt dabei von einem Füllstand eines Puffers ab: Bei leerem Puffer erfolgt eine feine Quantisierung, so dass mehr Daten erzeugt werden, während bei vollem Puffer gröber quantisiert wird, wodurch sich die zusätzliche Datenmenge reduziert.

Nach der Quantisierung wird der Block diagonal abgetastet ("zigzag"-Scanning). Anschließend erfolgt eine Entropiecodierung, die eine weitere Datenreduktion bewirkt.

Hierfür werden zwei Effekte ausgenutzt:

1. Die Statistik der Amplitudenwerte (hohe Amplitudenwerte treten seltener auf als kleine, so dass den seltenen Ereignissen lange und den häufigen Ereignissen

kurze Codewörter zugeordnet werden (Laufängencodierung mit variablem Längencode bzw. Variable-Length-Codierung, VLC). Auf diese Weise ergibt sich im Mittel eine geringere Datenrate als bei einer Codierung mit fester Wortlänge. Die variable Rate der VLC wird zur Decodierung geglättet, beispielsweise unter Verwendung eines statistischen Verfahrens zur Bestimmung eines gleitenden Durchschnitts.

2. Von einem bestimmten Wert an folgen in der abgetasteten Zahlenfolge in den meisten Fällen nur noch Nullen. Statt aller dieser Nullen überträgt man lediglich einen EOB-Code (End Of Block), was zu einem signifikanten Codiergewinn bei der Kompression der Bilddaten führt. Statt beispielsweise 512 bit sind dann nur 46 bit für einen solchen Block zu übertragen, was einem Kompressionsfaktor von über 11 entspricht.

Einen weiteren Kompressionsgewinn erhält man durch die zeitliche Verarbeitung (Interframe-Codierung). Zur Codierung eines Originalbildes und eines Differenzbildes wird weniger Datenrate benötigt als für zwei Originalbilder, denn die Amplitudenwerte sind weitaus geringer.

Allerdings sind die zeitlichen Differenzen nur klein, wenn auch die Bewegungen im Bild gering sind. Sind hingegen die Bewegungen im Bild groß, so entstehen große Differenzen, die wiederum schwer zu codieren sind. Aus diesem Grund wird die Bild-zu-Bild-Bewegung gemessen (Bewegungsschätzung bzw. Prädiktion) und vor der Differenzbildung kompensiert (Bewegungskompensation).

Dabei wird die Bewegungsinformation mit der Bildinformation übertragen, wobei üblicherweise nur ein Bewegungsvektor pro Makroblock (z. B. vier 8×8 -Bildblöcke) verwendet wird.

Noch kleinere Amplitudenwerte der Differenzbilder werden erhalten, wenn statt der verwendeten Prädiktion eine bewegungskompensierte bidirektionale Prädiktion benutzt wird.

Bei einem bewegungskompensierten Hybridcoder wird nicht das Bildsignal selbst transformiert, sondern das zeitliche Differenzsignal.

Aus diesem Grund verfügt der bewegungskompensierte Hybridcoder auch über eine Rekursionsschleife, denn der Prädiktor muss den Prädiktionswert aus den Werten der bereits übertragenen (codierten) Bilder berechnen.

Eine entsprechende Rekursionsschleife befindet sich im Decoder, so dass Coder und Decoder synchronisiert sind.

Aus [5] ist ein Verfahren zur Bewegungsschätzung im Rahmen eines Verfahrens zur blockbasierten Bildcodierung bekannt.

Ein objektbasiertes Bildkompressionsverfahren, welches aus [9] bekannt ist, basiert auf einer Zerlegung des Bildes in Objekte mit beliebiger Berandung. Die einzelnen Objekte werden in verschiedenen "Video Object Plans" getrennt voneinander codiert, übertragen und in einem Empfänger (Decoder) wieder zusammengesetzt.

Wie oben beschrieben wird bei einem blockbasierten Codierverfahren das gesamte Bild in quadratische Bildblöcke unterteilt. Dieses Prinzip wird auch bei einem objektbasierten Verfahren übernommen, indem das zu codierende Objekt in quadratische Blöcke unterteilt und für jeden Block separat eine Bewegungsschätzung mit einer Bewegungskompensation durchgeführt wird.

Bei der Übertragung einer Folge von Bildern (Bilddaten) über einen Kommunikationskanal, in dem eine Störung eingetreten ist, insbesondere über einen mobilen (Funk-)Kanal oder einen verlustbehafteten drahtgebundenen Kanal, können Teile der Bilddaten verloren gehen. Ein solcher Verlust der Bilddaten äußert sich in Form drastischer Qualitätsein-

brüche in mehr oder weniger großen Bildbereichen.

Eine Störung eines Übertragungskanals kann auch dadurch eintreten, dass eine Übertragungskapazität des Übertragungskanals verringert wird.

Da wie oben beschrieben bei Bildcodierung/Bilddecodierung Verfahren der Bewegungsschätzung mit Bewegungskompensation eingesetzt werden, verschwindet die Bildstörung auch dann nicht, wenn der Übertragungskanal wieder eine fehlerfreie Übertragung gewährleistet.

Dies liegt daran, dass sich bei der Bewegungsschätzung insbesondere ein einmal auftretender Fehler bis zur Übertragung eines nächsten Vollbildes (Intrabild), d. h. eines Bildes, bei dem alle Bildpunkte codiert und übertragen werden, fortbesteht. Es erfolgt daher eine äußerst störende Fehlerfortpflanzung.

Videodatenkompressionsverfahren nach den bekannten Bildcodierungsstandards H.261 [3], JPEG [4] und MPEG2 [2] verwenden eine bewegungskompensierte Prädiktion (Bewegungsschätzung mit Fehlerkorrektur) und eine transformationsbasierte Restfehlercodierung, wobei bevorzugt die diskrete Cosinustransformation als Transformationscodierung eingesetzt wird.

Aus [1] ist ein Verfahren zu einer skalierbaren Codierung (hierarchische Codierung) im Rahmen einer Bildcodierung bekannt.

Dabei wird ein Bild unterteilt in eine Basisinformation mit einer vorgegebenen Bildqualität und einer Zusatzinformation zur Herstellung einer vollständigen oder verbesserten Bildqualität (ausreichende Bildqualität).

Die Basisinformation, welche quantisierte DCT Koeffizienten aufweist, wird codiert und in einem Basisdatenstrom (base layer) übertragen.

Die Zusatzinformation, welche eine Differenz von nicht quantisierten DCT Koeffizienten und den quantisierten DCT Koeffizienten aufweist, wird ebenfalls codiert und in einem Zusatzdatenstrom (enhancement layer) übertragen.

Bei der Codierung der Basisinformation und der Zusatzinformation werden die Werte der quantisierten DCT Koeffizienten und die Differenzwerte als eine Zahlenfolge aus binären Zahlen dargestellt. Diese Zahlenfolge wird entsprechend einer Scanreihenfolge des "zigzag"-Scannings geordnet.

Die geordnete Zahlenfolge wird als ein zweidimensionaler Datenblock mit Spalten und Zeilen dargestellt. In einer Spalte des Datenblocks sind jeweils die Ziffern einer binären Zahl der Zahlenfolge angeordnet. Der Datenblock wird zeilenweise mit einer Lauflängencodierung, wie es aus [1] bekannt ist, codiert. Die Basisinformation wird in dem base layer übertragen, die Zusatzinformation wird in dem enhancement layer übertragen.

Bei Übertragungsfehlern im Bereich der Zusatzinformation oder bei einer geringeren übertragbaren Datenrate in dem Übertragungskanal ist immer noch sichergestellt, dass das jeweilige Bild in einer Qualität, die durch die Basisinformation hergestellt ist, rekonstruiert werden kann.

In [1] wird auch vorgeschlagen, ein progressiv skalierbares Bildcodierverfahren für die Codierung von Bewegtbildern einzusetzen.

Weitere progressive Verfahren zur Codierung von Einzelbildern sind aus [6] und [7] bekannt.

Bei diesen Verfahren reicht bereits eine geringe Datenmenge aus, um das Bild in einer Basisqualität zu rekonstruieren. Je mehr zusätzliche Daten empfangen werden, desto besser wird die Qualität des Bildes.

Verfahren zur Fehlerkompensation bzw. Fehlerkorrektur sind in [8] beschrieben.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren zur Codierung einer Zahlenfolge, wie sie beispielsweise bei

dem oben beschriebenen Verfahren bei der Codierung der Zusatzinformation auftritt, und ein Verfahren zur Decodierung einer Zahlenfolge sowie eine Anordnung zur Codierung einer Zahlenfolge und eine Anordnung zur Decodierung einer Zahlenfolge anzugeben, womit eine Codierung mit verbessertem Kompressionsfaktor für die Zahlenfolge erreicht wird.

Das Problem wird durch die Verfahren und durch die Anordnungen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

Bei dem Verfahren zur Codierung einer Zahlenfolge umfassend Zahlen, deren jede dargestellt ist durch höchstens m signifikante Ziffern und deren jeder eine Folgeinformation l zugewiesen ist, wird

- für jede Zahl eine Signifikanzinformation bestimmt, welche ein Maß für eine Anzahl der Ziffern dieser Zahl ist,
- die Zahlenfolge aufgespalten in m Ziffernfolgen, wobei die i-te Ziffernfolge nur die i-ten signifikanten Ziffern der Zahlen umfasst,
- die Signifikanzinformationen unter Berücksichtigung der Folgeinformationen l codiert und
- die m Ziffernfolgen codiert.

Die Anordnung zur Codierung einer Zahlenfolge umfassend Zahlen, deren jede dargestellt ist durch höchstens m signifikante Ziffern und deren jeder eine Folgeinformation l zugewiesen ist, weist einen Prozessor auf, der derart eingerichtet ist, dass

- für jede Zahl eine Signifikanzinformation bestimmbar ist, welche ein Maß für eine Anzahl der Ziffern dieser Zahl ist,
- die Zahlenfolge aufspaltbar ist in m Ziffernfolgen, wobei die i-te Ziffernfolge nur die i-ten signifikanten Ziffern der Zahlen umfasst,
- die Signifikanzinformationen unter Berücksichtigung der Folgeinformationen l codierbar sind und
- die m Ziffernfolgen codierbar sind.

Bei dem Verfahren zur Codierung und Decodierung einer Zahlenfolge umfassend Zahlen, deren jede dargestellt ist durch höchstens m signifikante Ziffern und deren jeder eine Folgeinformation l zugewiesen ist, wird die Zahlenfolge derart codiert, dass

- für jede Zahl eine Signifikanzinformation bestimmt wird, welche ein Maß für eine Anzahl der Ziffern dieser Zahl ist,
- die Zahlenfolge aufgespalten wird in m Ziffernfolgen, wobei die i-te Ziffernfolge nur die i-ten signifikanten Ziffern der Zahlen umfasst,
- die Signifikanzinformationen unter Berücksichtigung der Folgeinformationen l codiert werden und
- die m Ziffernfolgen codiert werden.

Bei der Decodierung erfolgt aus der codierten Zahlenfolge eine Rekonstruktion der Ziffern der Zahlenfolge unter Verwendung eines zu der Codierung inversen Verfahrens.

Die Anordnung zur Codierung und Decodierung einer Zahlenfolge umfassend Zahlen, deren jede dargestellt ist durch höchstens m signifikante Ziffern und deren jeder eine Folgeinformation l zugewiesen ist, weist einen Prozessor auf, der derart eingerichtet ist, dass bei der Codierung der Zahlenfolge

- für jede Zahl eine Signifikanzinformation bestimmt

wird, welche ein Maß für eine Anzahl der Ziffern dieser Zahl ist,

- die Zahlenfolge aufgespalten wird in m Ziffernfolgen, wobei die i-te Ziffernfolge nur die i-ten signifikanten Ziffern der Zahlen umfasst,
- die Signifikanzinformationen unter Berücksichtigung der Folgeinformationen l codiert werden und
- die m Ziffernfolgen codiert werden.

Der Prozessor ist ferner derart eingerichtet, dass bei der Decodierung aus der codierten Zahlenfolge eine Rekonstruktion der Ziffern der Zahlenfolge unter Verwendung eines zu der Codierung inversen Verfahrens erfolgt.

Als eine signifikante Ziffer ist eine solche Ziffer zu verstehen, welche für eine Darstellung einer Zahl unmittelbar und unbedingt notwendig ist und damit unmittelbar eine Zahleninformation beinhaltet. Sogenannte Füllziffern, beispielsweise Füllnullen, welche keine unmittelbar Zahleninformation beinhalten, sind nicht signifikante Ziffern.

Die Anordnungen sind insbesondere geeignet zur Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahren oder einer deren nachfolgend erläuterten Weiterbildungen.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die im weiteren beschriebenen Weiterbildungen beziehen sich sowohl auf die Verfahren als auch auf die Anordnungen.

Die Erfindung und die im weiteren beschriebenen Weiterbildungen können sowohl in Software als auch in Hardware, beispielsweise unter Verwendung einer speziellen elektrischen Schaltung realisiert werden.

Ferner ist eine Realisierung der Erfindung oder einer im weiteren beschriebenen Weiterbildung möglich durch ein computerlesbares Speichermedium, auf welchem ein Computerprogramm gespeichert ist, welches die Erfindung oder Weiterbildung ausführt.

Auch können die Erfindung und/oder jede im weiteren beschriebene Weiterbildung durch ein Computerprogramm-erzeugnis realisiert sein, welches ein Speichermedium aufweist, auf welchem ein Computerprogramm gespeichert ist, welches die Erfindung und/oder Weiterbildung ausführt.

In einer Weiterbildung ist eine signifikante Ziffer und/oder eine Ziffernfolge ein binärer Ausdruck bzw. eine binäre Ziffer.

In einer Ausgestaltung weist die Zahlenfolge codierte Bildinformation aufweist.

In einer Ausgestaltung beschreibt eine Ziffernfolge eine Bitebene. Unter einer Bitebene ist zu verstehen, dass bei einer Darstellung der Zahlen der Zahlenfolge jeweils als ein binärer Ausdruck mit Ziffern der Zahlen, welche jeweils einem gleichen Bit zugeordnet sind, in einer Ebene angeordnet werden.

Bevorzugt werden/wird eine Ziffernfolge und/oder die Signifikanzinformationen unter Verwendung einer Lauflängencodierung, beispielsweise unter Verwendung einer Lauflängencodierung mit einem variablen Längencode, codiert.

Es ist aber auch vorstellbar, eine Ziffernfolge und/oder die Signifikanzinformationen unter Verwendung einer Codierung mit einem festen Längencode zu codieren.

In einer Ausgestaltung beschreiben die Folgeinformationen l eine Reihenfolge der Zahlen.

Zu einer Reduzierung zu codierender Information werden bevorzugt die m Ziffernfolgen entsprechend einer vorgebbaren Reihenfolge codiert. Es ist besonders effizient, wenn die Reihenfolge einer ansteigenden oder abnehmenden Ziffernwertigkeit entspricht.

Es ist zweckmäßig, das Verfahren für eine Codierung bzw. Decodierung eines digitalisierten Bildes aus Bildpunk-

ten einzusetzen. Dadurch lassen sich bekannte Bildcodierverfahren, beispielsweise eine Bildcodierung gemäß einem Bildcodierstandard (MPEG2 oder MPEG4), vereinfachen und hinsichtlich einer größeren Datenkompression verbessern.

Ein Ausführungsbeispiel und Alternativen zu dem Ausführungsbeispiel der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung dargestellt und erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 eine Skizze, die eine Codierung von Bildern, die jeweils Basisinformation und Zusatzinformation aufweisen, veranschaulicht;

Fig. 2 eine Skizze, die veranschaulicht, wie die Codierung einer Zusatzinformation eines Bildblocks erfolgt;

Fig. 3 eine Skizze mit einem Bildcoder und einem Bilddecoder;

Fig. 4 eine Prozessoreinheit;

Fig. 5 Komponenten einer Anordnung zur Bildcodierung und zur Bilddecodierung;

Fig. 6 eine Skizze, die einen Ablauf bei einer Codierung von Zusatzinformation verdeutlicht;

Fig. 7 eine Skizze, die einen Ablauf bei einer Codierung von Zusatzinformation verdeutlicht;

Fig. 8 eine Skizze, die einen Ablauf bei einer Codierung von Zusatzinformation verdeutlicht.

In Fig. 1 wird eine Skizze gezeigt, die eine Codierung von Bildern einer Bildsequenz, welche Bilder jeweils Basisinformation und Zusatzinformation aufweisen, veranschaulicht.

Dazu sind drei zeitlich aufeinanderfolgende Bilder 101, 102 und 103 dargestellt, die jeweils eine Basisinformation B und eine Zusatzinformation Z aufweisen.

Die Zusatzinformation Z setzt auf der Basisinformation B jedes einzelnen Bildes 101 bis 103 auf.

Die Zusatzinformationen Z der Bilder sind untereinander nicht verknüpft, das heißt abhängig von einer aktuellen Störung oder einer aktuellen verfügbaren Übertragungskapazität eines Übertragungskanals des Übertragungskanals wird pro Bild mehr oder weniger Zusatzinformation Z in Form eines progressiven Verfahrens, wie es in [1] beschrieben ist, genutzt, um die jeweilige Bildqualität des einzelnen Bildes mehr oder weniger stark zu verbessern.

Ist beispielsweise der Übertragungskanal kurzfristig stark gestört oder die aktuell verfügbare Kanalkapazität verringert, so kann es bei einem einzelnen Bild dazu kommen, dass nur wenig Daten der Zusatzinformation Z zur Rekonstruktion des Bildes eingesetzt werden können. In diesem Fall könnte dieses Bild in einer Qualität dargestellt werden, die sich nur unwesentlich von der durch die Basisinformation B sichergestellten Qualität unterscheidet.

Ist die Störung des Übertragungskanals oder der Kanalkapazität weitgehend vorbei, so kann bereits im zeitlich nachfolgenden Bild die gesamte Zusatzinformation Z verwertbar sein, dieses nachfolgende Bild wird demnach in Qualität, die aus Informationen der Basisinformation B und Zusatzinformation Z besteht, dargestellt.

Fig. 2 zeigt eine Skizze, die veranschaulicht, wie die Codierung der Zusatzinformation Z eines Bildblocks mit 4 x 4 Bildpunkte erfolgt.

Fig. 6 zeigt eine Skizze, welche den Ablauf 600 bei der Codierung der Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 bzw. der Zusatzinformation Z gemäß dem nachfolgend beschriebenen Schema verdeutlicht.

Es ist aber zu betonen, dass das nachfolgend beschriebene Verfahren zur Codierung der Zusatzinformation Z nicht auf die Zusatzinformation Z beschränkt ist. Mit dem Verfahren lässt sich jede beliebige Zahlenfolge, beispielsweise auch die Basisinformation B, äußerst effektiv codieren.

Ebenso ist zu betonen, dass die Anwendung des Verfahrens auf einen Bildblock mit 4×4 Bildpunkten nicht einschränkend zu verstehen ist, sondern auf jeden Bildblock beliebiger Größe angewendet werden kann.

Zur Codierung der Zusatzinformation Z 200 sind in einem zweidimensionalen Datenblock 201 16 ($= k = 4 \times 4$ Bildpunkte) Differenzkoeffizienten ΔDCT 202, welche aus den nicht quantisierten DCT Koeffizienten eines Bildblocks und den zugehörigen quantisierten DCT Koeffizienten bestimmt werden, codiert dargestellt (vgl. Fig. 6, Schritt 620).

Die Differenzkoeffizienten ΔDCT sind jeweils als binäre Werte bzw. Ausdrücke 204 aus den Ziffern 0 oder 1 dargestellt (vgl. Fig. 6, Schritt 610), wobei in einer ersten Dimension 205 des Datenblocks 201 Bit mit einer ansteigenden Wertigkeit m angeordnet sind (vgl. Fig. 6, Schritt 620).

Da diese Ziffern unmittelbar für die Darstellung der Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 notwendig sind und damit unmittelbar Zahleninformation beinhalten, sind diese Ziffern als signifikante Ziffern zu bezeichnen (vgl. nicht signifikante Ziffern).

Ein Bit ist jeweils einer Bitebene 206 mit der Wertigkeit m zugeordnet. Die maximale Wertigkeit m_{\max} (hier $m_{\max} = 5$) wird durch das maximale Bit des wertgrößten Differenzkoeffizienten ΔDCT_{\max} bestimmt.

Die Differenzkoeffizienten ΔDCT sind in einer zweiten Dimension 207 entsprechend einer Scanreihenfolge 1 eines "zigzag"-Scanning des Bildblocks geordnet (vgl. Fig. 6, Schritt 620).

Dementsprechend weist der Datenblock 201 die Dimensionen ($m_{\max} \times k = 5 \times 16$) auf.

Fehlende Bit in dem Datenblock 201 werden jeweils durch die Ziffer 0 aufgefüllt (Füllziffer 203), wobei diese Füllziffern 203 keinerlei Zahleninformation für die Zusatzinformation beinhalten und damit als nicht signifikante Ziffern 203 zu bezeichnen sind (vgl. signifikante Ziffern).

Zur Codierung des Datenblocks 201 bzw. der 16 Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 wird für jeden Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 eine Anzahl 211 der für seine Darstellung notwendigen Bit bestimmt (vgl. Fig. 6, Schritt 640).

Die Anzahl 211 der für die Darstellung eines Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 notwendigen Bit wird als Signifikanzinformation 211 bezeichnet.

Somit ergeben sich für die 16 Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 entsprechend 16 Signifikanzinformationen 210 (vgl. Fig. 6, Schritt 640).

Durch die in den Signifikanzinformationen 210 enthaltenen Längeninformationen der binären Ausdrücke der Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 kann der zu codierende Datenblock 201 zu einem vereinfachten Datenblock 212 reduziert werden (vgl. Fig. 6, Schritt 630).

Bei dem vereinfachten Datenblock 212 werden die nicht signifikanten Ziffern 203 weggelassen werden, so dass der vereinfachte Datenblock 212 nur mehr die signifikanten Ziffern 204 aufweist (vgl. Fig. 6, Schritt 630).

Nur mehr die signifikanten Ziffern 204 und die Signifikanzinformationen müssen codiert und übertragen werden (vgl. Fig. 6, Schritt 650 und Schritt 660). Die Effizienz der Codierung wird erheblich verbessert.

Die Codierung des reduzierten Datenblocks 212 erfolgt entsprechend der Wertigkeit der Bitebenen 206, wobei mit der höchstwertigen Bitebene 206, d. h. mit der Bitebene mit der höchsten Wertigkeit m_{\max} , begonnen wird (vgl. Fig. 6, Schritt 650).

Die weiteren Bitebenen 206 werden entsprechend der abnehmenden Wertigkeit m aufeinanderfolgend codiert. Als letzte Bitebene 206 wird die Bitebene mit der Wertigkeit 1 codiert (vgl. Fig. 6, Schritt 650).

Die Bitebene 206 mit der höchsten Wertigkeit m_{\max} wird

mit einer Codierung mit festem Längencode, wie es in [1] beschrieben ist, codiert (vgl. Fig. 6, Schritt 650).

Für die Codierung der Bitebenen 206 mit niedriger Wertigkeit m wird eine Lauflängencodierung mit variablem Längencode, wie sie in [1] beschrieben ist, oder die bekannte Codierung mit dem festen Längencode verwendet (vgl. Fig. 6, Schritt 650).

Treten in einer Bitebenen 206 häufig Nullziffern auf, so ist es zweckmäßig für diese Bitebene 206 die Lauflängencodierung mit variablem Längencode zu verwenden. Andernfalls wird für die Bitebene 206 die Codierung mit festem Längencode verwendet (vgl. Fig. 6, Schritt 650).

Die Signifikanzinformationen 210 werden unter Verwendung der Lauflängencodierung mit variablem Längencode codiert (vgl. Fig. 6, Schritt 660).

Dabei ist es möglich, die Signifikanzinformationen 210 zeitlich sowohl vor dem vereinfachten Datenblock 212 zu codieren und/oder zu übertragen als auch zeitlich nach dem vereinfachten Datenblock 212 zu codieren und/oder übertragen.

Zu beachten ist dabei, dass die Reihenfolge der Signifikanzinformationen 210 der Reihenfolge der Zahlenfolge bzw. der Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 entspricht.

Die Reihenfolge der Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 und/oder der Signifikanzinformationen 210 kann auch verändert werden. In diesem Fall muss die Veränderung in Form einer Zusatzinformation gespeichert und/oder für eine Decodierung übertragen werden.

Es ist ebenfalls möglich, die Bitebenen 206 in einer veränderten Reihenfolge zu codieren, beispielsweise beginnend mit der Bitebene 206 mit der Wertigkeit $m = 1$ und nachfolgend die Bitebenen 206 mit steigender Wertigkeit m . In diesem Fall muss die veränderte Reihenfolge in Form einer Zusatzinformation gespeichert und/oder für eine Decodierung übertragen werden.

Fig. 3 zeigt eine Skizze einer Anordnung zur Durchführung eines blockbasierten Bildcodierverfahrens.

Ein zu codierender Videodatenstrom mit zeitlich aufeinanderfolgenden digitalisierten Bildern wird einer Bildcodierungseinheit 1201 zugeführt.

Die digitalisierten Bilder sind unterteilt in Makroblöcke 1202, wobei jeder Makroblock 16×16 Bildpunkte hat. Der Makroblock 1202 umfasst vier Bildblöcke 1203, 1204, 1205 und 1206, wobei jeder Bildblock 8×8 Bildpunkte, denen Luminanzwerte (Helligkeitswerte) zugeordnet sind, enthält. Weiterhin umfasst jeder Makroblock 1202 zwei Chrominanzblöcke 1207 und 1208 mit den Bildpunkten zugeordneten Chrominanzwerten (Farbdifferenzwerten).

Die Bildblöcke werden einer Transformationscodierungseinheit 1209 zugeführt. Bei einer Differenzbildcodierung werden zu codierende Werte von Bildblöcken zeitlich vorgegangener Bilder von den aktuell zu codierenden Bildblöcken abgezogen, es wird nur die Differenzbildungsinformation 1210 der Transformationscodierungseinheit (Diskrete Cosinus Transformation, DCT) 1209 zugeführt.

Dazu wird über eine Verbindung 1234 der aktuelle Makroblock 1202 einer Bewegungsschätzungseinheit 1229 mitgeteilt. In der Transformationscodierungseinheit 1209 werden für die zu codierenden Bildblöcke bzw. Differenzbildblöcke Spektralkoeffizienten 1211 gebildet und einer Quantisierungseinheit 1212 zugeführt.

Quantisierte Spektralkoeffizienten 1213 werden sowohl einer Scaneinheit 1214 als auch einer inversen Quantisierungseinheit 1215 in einem Rückwärtspfad zugeführt.

Nach einem Scanverfahren, z. B. einem "zigzag"-Scanverfahren, wird auf den gescannten Spektralkoeffizienten 1232 eine Entropiecodierung in einer dafür vorgesehenen Entropiecodierungseinheit 1216 durchgeführt. Die entropie-

codierten Spektralkoeffizienten werden als codierte Bilddaten 1217 über einen Kanal, vorzugsweise eine Leitung oder eine Funkstrecke, zu einem Decoder übertragen.

In der inversen Quantisierungseinheit 1215 erfolgt eine inverse Quantisierung der quantisierten Spektralkoeffizienten 1213. So gewonnene Spektralkoeffizienten 1218 werden einer inversen Transformationscodierungseinheit 1219 (Inverse Diskrete Cosinus Transformation, IDCT) zugeführt.

Rekonstruierte Codierungswerte (auch Differenzcodierungswerte) 1220 werden im Differenzbildmodus einen Addierer 1221 zugeführt. Der Addierer 1221 erhält ferner Codierungswerte eines Bildblocks, die sich aus einem zeitlich vorangegangenen Bild nach einer bereits durchgeführten Bewegungskompensation ergeben. Mit dem Addierer 1221 werden rekonstruierte Bildblöcke 1222 gebildet und in einem Bildspeicher 1223 abgespeichert.

Chrominanzwerte 1224 der rekonstruierten Bildblöcke 1222 werden aus dem Bildspeicher 1223 einer Bewegungskompensationseinheit 1225 zugeführt.

Für Helligkeitswerte 1226 erfolgt eine Interpolation in einer dafür vorgesehenen Interpolationseinheit 1227. Anhand der Interpolation wird die Anzahl in dem jeweiligen Bildblock enthaltener Helligkeitswerte vorzugsweise verdoppelt.

Alle Helligkeitswerte 1228 werden sowohl der Bewegungskompensationseinheit 1225 als auch der Bewegungsschätzungseinheit 1229 zugeführt. Die Bewegungsschätzungseinheit 1229 erhält außerdem die Bildblöcke des jeweils zu codierenden Makroblocks (16×16 Bildpunkte) über die Verbindung 1234.

In der Bewegungsschätzungseinheit 1229 erfolgt die Bewegungsschätzung unter Berücksichtigung der interpolierten Helligkeitswerte ("Bewegungsschätzung auf Halbpixelbasis"). Vorzugsweise werden bei der Bewegungsschätzung absolute Differenzen der einzelnen Helligkeitswerte in dem aktuell zu codierenden Makroblock 1202 und dem rekonstruierten Makroblock aus dem zeitlich vorangegangenen Bild ermittelt.

Das Ergebnis der Bewegungsschätzung ist ein Bewegungsvektor 1230, durch den eine örtliche Verschiebung des ausgewählten Makroblocks aus dem zeitlich vorangegangenen Bild zu dem zu codierenden Makroblock 1202 zum Ausdruck kommt.

Sowohl Helligkeitsinformation als auch Chrominanzinformation bezogen auf den durch die Bewegungsschätzungseinheit 1229 ermittelten Makroblock werden um den Bewegungsvektor 1230 verschoben und von den Codierungswerten des Makroblocks 1202 subtrahiert (siehe Datenpfad 1231).

In Fig. 5 ist eine Anordnung zu einer Bildcodierung und einer Bilddecodierung dargestellt.

In Fig. 5 ist eine Kamera 501 dargestellt, mit der Bilder aufgenommen werden. Die Kamera 501 ist eine analoge Kamera 501, die Bilder einer Szene aufnimmt, und die Bilder in analoger Form zu einem ersten Rechner 502 überträgt. In dem ersten Rechner 502 werden die analogen Bilder in digitalisierte Bilder 503 umgewandelt und die digitalisierten Bilder 503 verarbeitet.

Der erste Rechner 502 ist als eine eigenständige Anordnung in Form einer eigenständigen Computerkarte, die in den ersten Rechner 502 installiert ist, ausgestaltet, mit welcher Computerkarte die im Folgenden beschriebenen Verfahrensschritte durchgeführt werden.

Der erste Rechner 502 weist einen Prozessor 504 auf, mit dem die im Weiteren beschriebenen Verfahrensschritte der Bildcodierung durchgeführt werden. Der Prozessor 504 ist über einen Bus 505 mit einem Speicher 506 gekoppelt, in dem eine Bildinformation gespeichert wird.

Das im Weiteren beschriebene Verfahren zu der Bildcodierung ist in Software realisiert. Sie ist in dem Speicher 506 gespeichert und wird von dem Prozessor 504 ausgeführt.

Nach erfolgter Bildcodierung im dem ersten Rechner 501 und nach einer Übertragung der codierten Bildinformation über ein Übertragungsmedium 507 zu einem zweiten Rechner 508, wird in dem zweiten Rechner 508 die Bilddecodierung durchgeführt.

Der zweite Rechner 508 hat den gleichen Aufbau wie der erste Rechner 501. Der zweite Rechner 508 weist auch einen Prozessor 509 auf, welcher Prozessor 509 mit einem Bus 511 mit einem Speicher 510 gekoppelt ist.

Das im weiteren beschriebene Verfahren zu der Bilddecodierung ist in Software realisiert. Sie ist in dem Speicher 510 gespeichert und wird von dem Prozessor 509 ausgeführt.

In Fig. 4 ist eine Prozessoreinheit PRZE 401, welche für die Bildcodierung bzw. für die Bilddecodierung eingesetzt wird, dargestellt.

Die Prozessoreinheit PRZE 401 umfasst einen Prozessor CPU 402, einen Speicher MEM 403 und eine Input/Output-Schnittstelle IOS 404, die über ein Interface IFC 405 auf unterschiedliche Art und Weise genutzt wird:

über eine Grafikschnittstelle wird eine Ausgabe auf einem Monitor MON 406 sichtbar und/oder auf einem Drucker PRT 407 ausgegeben. Eine Eingabe erfolgt über eine Maus MAS 408 oder eine Tastatur TAST 409.

Auch verfügt die Prozessoreinheit PRZE 401 über einen Datenbus BUS 410, der die Verbindung von dem Speicher MEM 403, dem Prozessor CPU 402 und der Input/Output-Schnittstelle IOS 404 gewährleistet.

Weiterhin sind an den Datenbus BUS 410 zusätzliche Komponenten anschließbar, z. B. zusätzlicher Speicher, Datenspeicher (Festplatte) oder Scanner.

Im Folgenden werden Alternativen zu dem Ausführungsbeispiel beschreiben.

1. Alternative zu dem Ausführungsbeispiel (vgl. Fig. 7)

In einer ersten Alternative zu dem Ausführungsbeispiel wird der vereinfachte Datenblock 212 weiter bearbeitet.

Fig. 7a zeigt den vereinfachten Datenblock 212. Fig. 7b zeigt den weiter bearbeiteten Datenblock 700.

Bei dem weiter bearbeiteten Datenblock 700 wird jeweils das maximale Bit 701 der 16 Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 weggelassen.

Diese Reduktion kann deshalb durchgeführt werden, da davon auszugehen ist, dass das maximale Bit 701 jedes binär dargestellten Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 jeweils nur die signifikante Ziffer 1 aufweisen kann. Darüber hinaus ist durch die Signifikanzinformation 705 für jeden binär dargestellten Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 die für die Rekonstruktion des jeweiligen Differenzkoeffizienten ΔDCT 202 notwendige Längenangabe bekannt.

Damit wird die Zahl der signifikanten Ziffern 702 um 16 reduziert. Dadurch reduziert sich auch der weiter bearbeitete Datenblock 700 um die höchstwertige Bitebene 703.

Der weiter bearbeitete Datenblock 700 wird gemäß dem oben beschriebenen Verfahren zusammen mit den Signifikanzinformationen 705 codiert und übertragen.

2. Alternative zu dem Ausführungsbeispiel

In einer zweiten Alternative zu dem Ausführungsbeispiel wird der weiter bearbeitete Datenblock 700 zur Codierung weiter verändert.

Dazu wird der weiter bearbeitete Datenblock 700 aufgespalten in einen ersten Teildatenblock 810 und einen zweiten Teildatenblock 820.

Fig. 8a zeigt den ersten Teildatenblock **810**, welche die dritte **811** und die vierte **812** Bitebene der weiter bearbeiteten Datenblocks **700** mit den zugehörigen signifikanten Ziffern **813** umfasst.

Fig. 8b zeigt den zweiten Teildatenblock **820**, welche die erste **821** und die zweite **822** Bitebene des weiter bearbeiteten Datenblocks **700** mit den zugehörigen signifikanten Ziffern **823** umfasst.

Die Signifikanzinformationen **705** wurden an den ersten **810** und an den zweiten **820** Teildatenblock angepasst.

Fig. 8a zeigt erste Teilsignifikanzinformationen **814**, Fig. 8b zeigt eine zweite Teilsignifikanzinformationen **824**.

Die Teilsignifikanzinformationen **814**, **824** wurden derart an den ersten Teildatenblock **810** bzw. an den zweiten Teildatenblock **820** angepasst, dass eine Teilsignifikanzinformation **815** bzw. **825** eine entsprechend dem Teildatenblock **814** bzw. **824** angepasste Längeninformation eines binären Teilausdrucks **816** bzw. **826** eines Differenzkoeffizienten **ADCT 202** angibt.

Der erste Teildatenblock **810** wird zusammen mit den ersten Teilsignifikanzinformationen **814** gemäß dem oben beschriebenen Verfahren codiert und/oder übertragen. Entsprechendes gilt für den zweiten Teildatenblock **820** und den zweiten Teilsignifikanzinformationen **824**.

3. Alternative zu dem Ausführungsbeispiel (vgl. Fig. 9)

In einer dritten Alternative zu dem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, nur den erste Teildatenblock **810** bzw. **901** gemäß dem oben beschriebenen Verfahren zu codieren und/oder zu übertragen.

Der zweite Teildatenblock **820** bzw. **902** wird wie in Fig. 9 dargestellt weiter bearbeitet.

Unter Verwendung der zweiten Teilsignifikanzinformationen **824** und der entsprechenden binären Teilausdrücke **826** wird eine Teilzahlenfolge **910** gebildet, welche direkt unter Verwendung einer bekannten Codierung codiert und/oder übertragen wird, beispielsweise die Codierung mit einem festen Längencode, wie es aus [1] bekannt ist.

Ferner ist es auch vorstellbar, eine solche Kombination zwischen einer Bitebenenencodierung wie bei dem ersten Teildatenblock **810** und eine direkte Codierung wie bei dem zweiten Teildatenblock **820** in einer beliebigen Kombination bei dem vereinfachten Datenblock **212** oder bei dem weiter bearbeiteten Datenblock **700** anzuwenden.

So kann beispielsweise eine ausgewählte Bitebene direkt oder mehrere ausgewählte Bitebenen jeweils direkt codiert werden. Die übrigen Bitebenen können als ein Datenblock oder wiederum aufgeteilt in mehrere Teildatenblöcke gemäß der beschriebenen Vorgehensweise codiert und/oder übertragen werden. Die Signifikanzinformationen sind entsprechend anzupassen.

4. Alternative zu dem Ausführungsbeispiel

In einer vierten Alternative zu dem Ausführungsbeispiel wird das Verfahren auf Bildpunkte bzw. Bildinformation im Ortsbereich angewendet.

In diesem Fall ist die Zusatzinformation **Z** in dem enhancement layer eine Differenzbildinformation, aus welcher in dem Decoder unter Verwendung der aus den quantisierten DCT Koeffizienten rekonstruierten Basisbildinformation der Bildblock wiederhergestellt wird.

Literaturverzeichnis

[1] Weiping Li: "Fine Granularity Using Bit-Plane Coding of DCT-Coefficients", ISO/IEC JTC1/SC29/WG 11, no.

MPEG98/4204.

[2] J. De Lameillieure, R. Schäfer: "MPEG-2-Bildcodierung für das digitale Fernsehen", Fernseh- und Kino-Technik, 48. Jahrgang, Nr. 3/1994, Seiten 99–107.

[3] D. Le Gall, "The Video Compression Standard for Multimedia Applications", Communications of ACM, Vol. 34, No. 4, S. 47–58, April 1991.

[4] G. Wallace, "The JPEG Still Picture Compression Standard", Communications of ACM, Vol. 34, No. 4, S. 31–44, April 1991.

[5] M. Bierling: "Displacement Estimation by Hierarchical Blockmatching", SPIE, Vol. 1001, Visual Communications and Image Processing '88, S. 942–951, 1988.

[6] Terminals for Telematic Services, ISO/IEC 10918 T.80–T.87.

[7] A. Said, W. A. Pearlman: "A new, fast, and efficient image coded based on set partitioning in hierarchical trees", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 6, pp 243–250, June 1996.

[8] Shu Lin, Daniel Costello: "Error Control Coding", Prentice-Hall, 1983.

[9] T. Sikora: "The MPEG4 Video Standard Verification Model", IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 7, No. 1, Februar 1997.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Codierung einer Zahlenfolge umfassend Zahlen, deren jede dargestellt ist durch höchstens **m** signifikante Ziffern und deren jeder eine Folgeinformation **l** zugewiesen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- für jede Zahl eine Signifikanzinformation bestimmt wird, welche ein Maß für eine Anzahl der Ziffern dieser Zahl ist,
- die Zahlenfolge aufgespalten wird in **m** Ziffernfolgen, wobei die **i**-te Ziffernfolge nur die **i**-ten signifikanten Ziffern der Zahlen umfasst,
- die Signifikanzinformationen unter Berücksichtigung der Folgeinformationen **l** codiert werden und
- die **m** Ziffernfolgen codiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die signifikanten Ziffern binäre Ziffern sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Zahlenfolge codierte Bildinformation aufweist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem eine Ziffernfolge ein binärer Ausdruck ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem eine Ziffernfolge eine Bitebene beschreibt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem eine Ziffernfolge unter Verwendung einer Lauflängencodierung codiert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem eine Ziffernfolge unter Verwendung einer Lauflängencodierung mit einem variablen Längencode codiert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem eine Ziffernfolge unter Verwendung einer Codierung mit einem festen Längencode codiert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Signifikanzinformationen unter Verwendung einer Lauflängencodierung codiert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die Signifikanzinformationen unter Verwendung einer Lauflängencodierung mit einem variablen Längencode codiert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Signifikanzinformation unter Verwendung ei-

ner Codierung mit festem Längencode codiert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die Folgeinformationen 1 eine Reihenfolge der Zahlen beschreiben.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die m Ziffernfolgen entsprechend einer vorgebbaren Reihenfolge codiert werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die Reihenfolge einer ansteigenden oder abnehmenden Ziffernwertigkeit entspricht.

15. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, eingesetzt zu einer Codierung eines Bildes aus Bildpunkten.

16. Anordnung zur Codierung einer Zahlenfolge umfassend Zahlen, deren jede dargestellt ist durch höchstens m signifikante Ziffern und deren jeder eine Folgeinformation 1 zugewiesen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung einen Prozessor aufweist, der derart eingerichtet ist, dass

- für jede Zahl eine Signifikanzinformation bestimmbar ist, welche ein Maß für eine Anzahl der Ziffern dieser Zahl ist,
- die Zahlenfolge aufspaltbar ist in m Ziffernfolgen, wobei die i-te Ziffernfolge nur die i-ten signifikanten Ziffern der Zahlen umfasst,
- die Signifikanzinformationen unter Berücksichtigung der Folgeinformationen 1 codierbar sind und
- die m Ziffernfolgen codierbar sind.

17. Verfahren zur Codierung und Decodierung einer Zahlenfolge umfassend Zahlen, deren jede dargestellt ist durch höchstens m signifikante Ziffern und deren jeder eine Folgeinformation 1 zugewiesen ist, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Codierung

- für jede Zahl eine Signifikanzinformation bestimmt wird, welche ein Maß für eine Anzahl der Ziffern dieser Zahl ist,
- die Zahlenfolge aufspalten wird in m Ziffernfolgen, wobei die i-te Ziffernfolge nur die i-ten signifikanten Ziffern der Zahlen umfasst,
- die Signifikanzinformationen codiert werden unter Berücksichtigung der Folgeinformationen 1 sind und
- die m Ziffernfolgen codiert werden,

und dass bei der Decodierung aus der codierten Zahlenfolge eine Rekonstruktion der Ziffern der Zahlenfolge unter Verwendung eines zu der Codierung inversen Verfahrens erfolgt.

18. Anordnung zur Codierung und Decodierung einer Zahlenfolge umfassend Zahlen, deren jede dargestellt ist durch höchstens m signifikante Ziffern und deren jeder eine Folgeinformation 1 zugewiesen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung einen Prozessor aufweist, der derart eingerichtet ist, dass bei der Codierung

- für jede Zahl eine Signifikanzinformation bestimmbar ist, welche ein Maß für eine Anzahl der Ziffern dieser Zahl ist,
- die Zahlenfolge aufspaltbar ist in m Ziffernfolgen, wobei die i-te Ziffernfolge nur die i-ten signifikanten Ziffern der Zahlen umfasst,
- die Signifikanzinformationen codierbar sind unter Berücksichtigung der Folgeinformationen 1 und
- die m Ziffernfolgen codierbar sind,

und dass bei der Decodierung aus der codierten Zahlenfolge eine Rekonstruktion der Ziffern der Zahlenfolge unter Verwendung eines zu der Codierung inver-

sen Verfahrens durchführbar ist.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

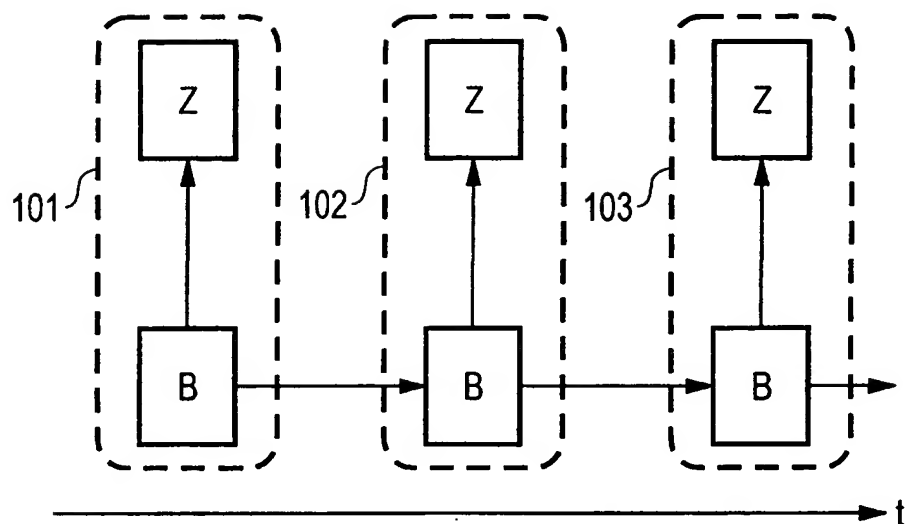
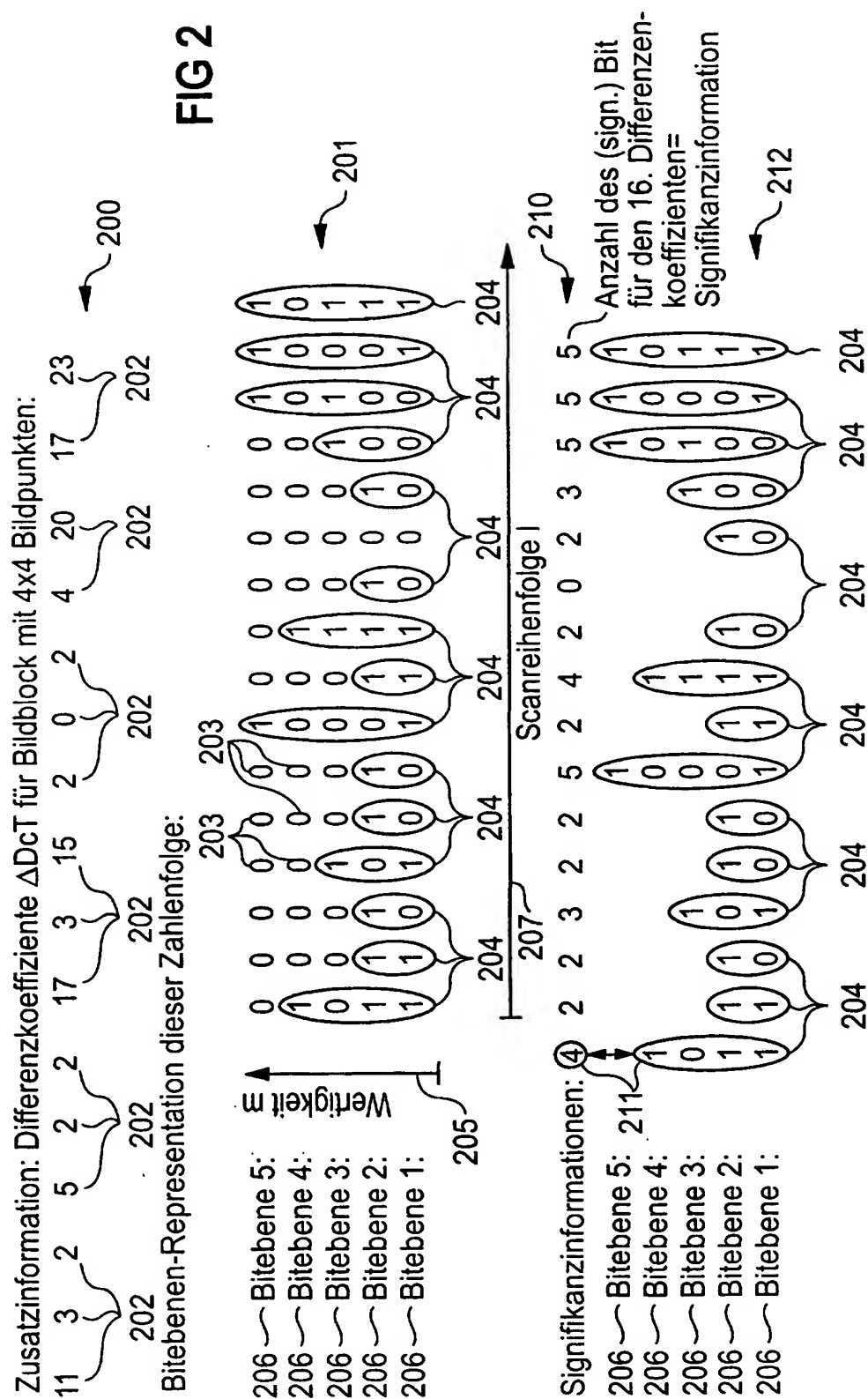


FIG 2



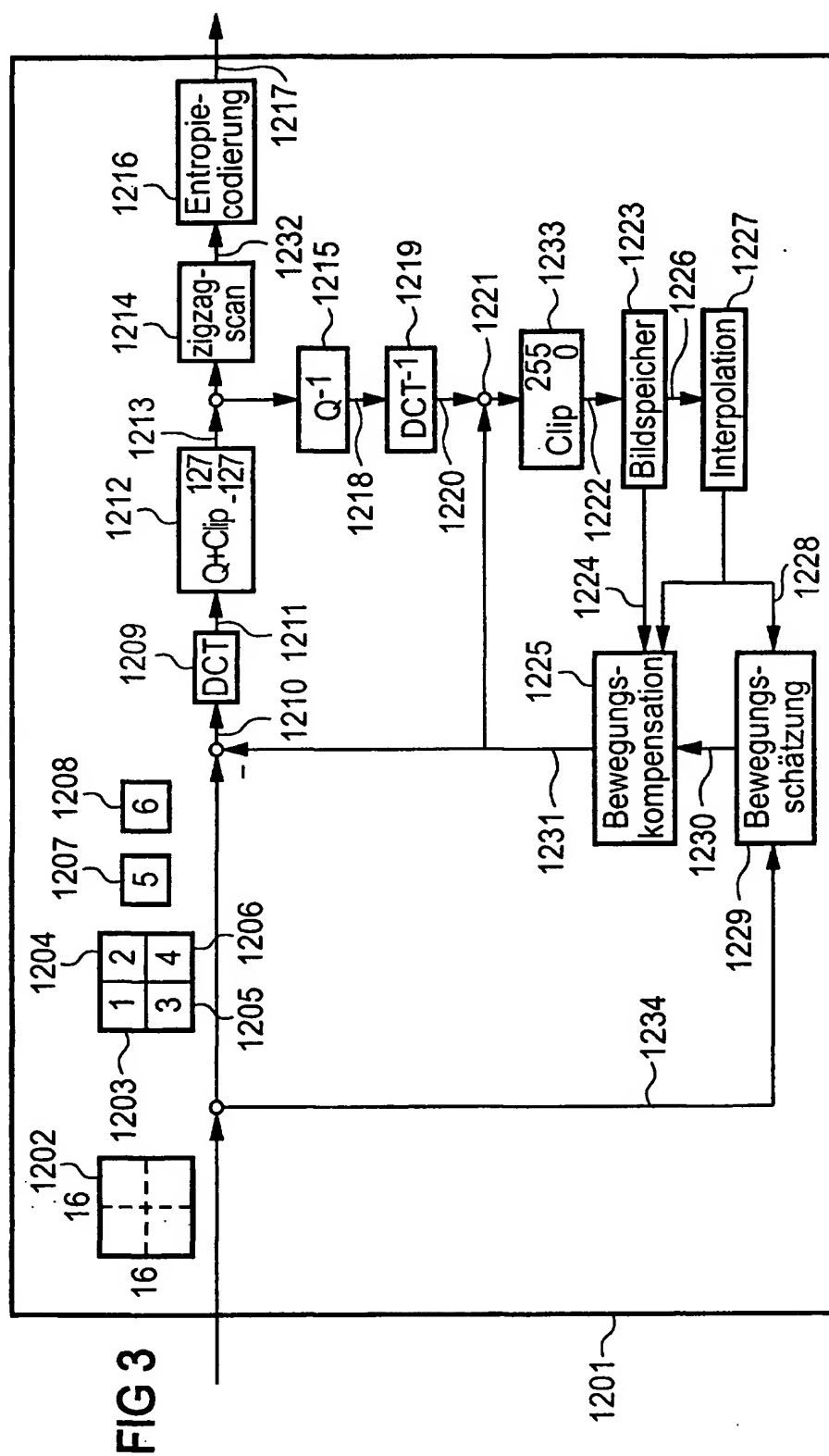


FIG 4

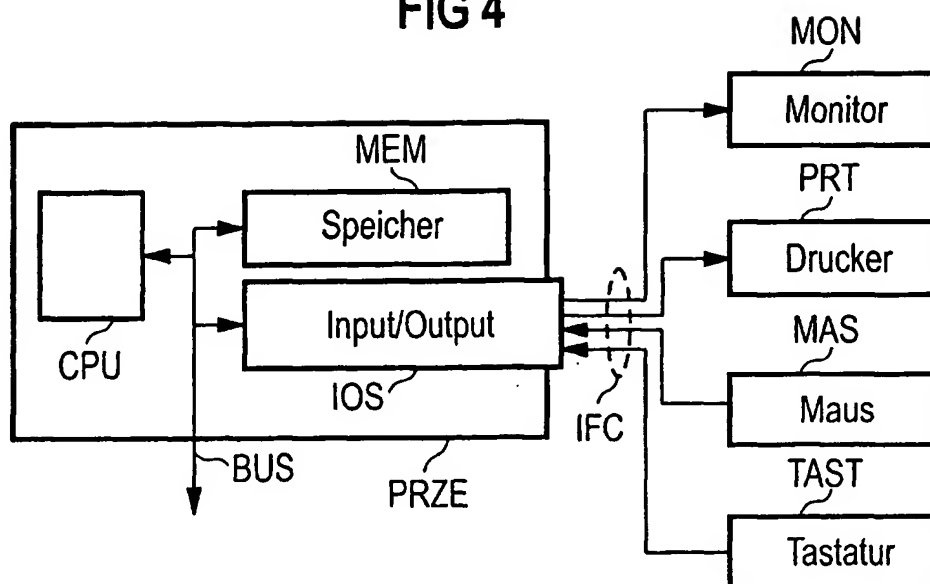


FIG 5

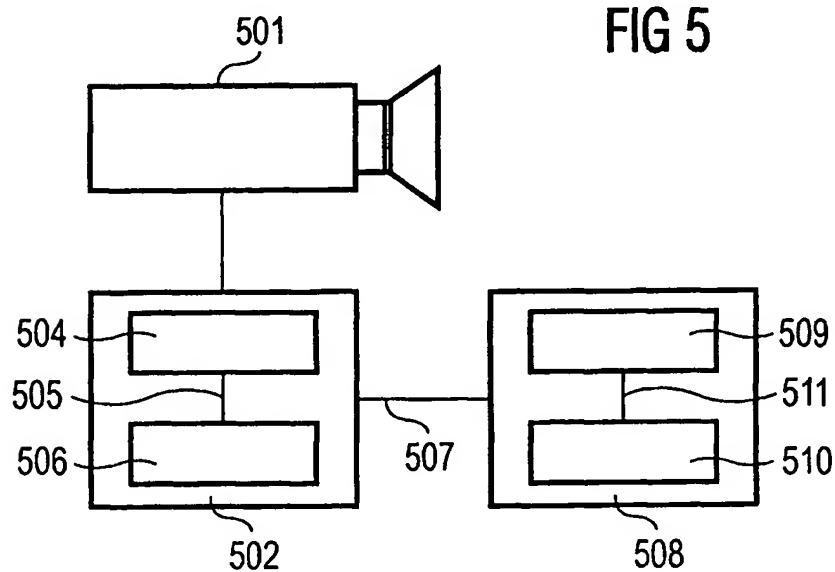


FIG 6

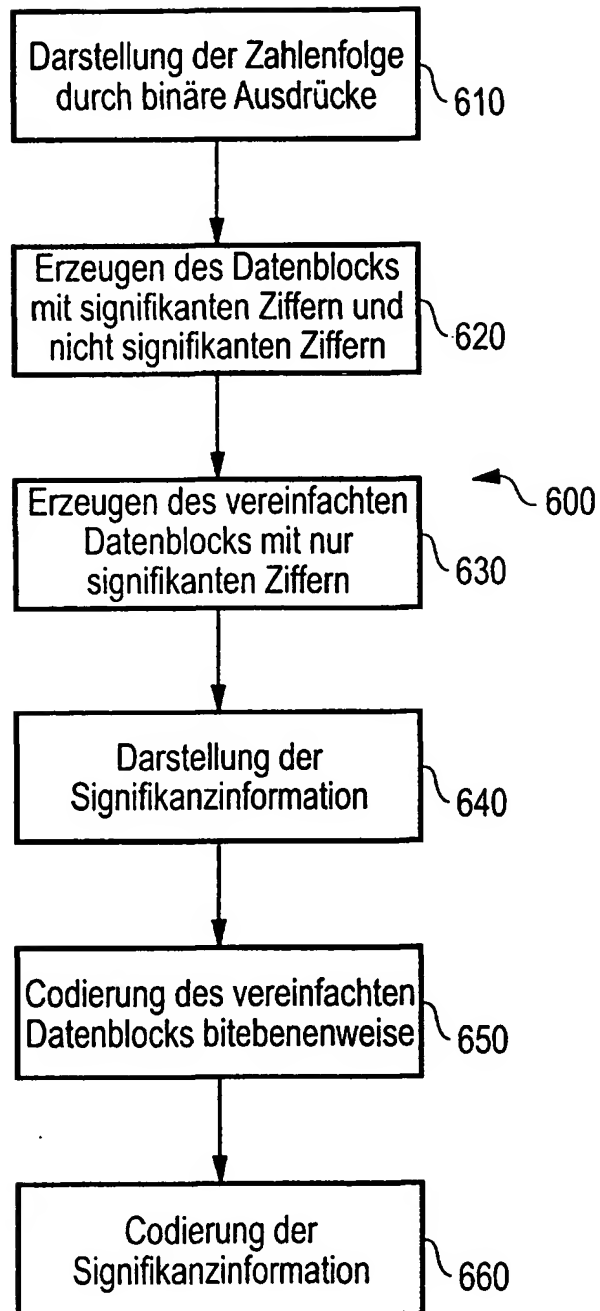


FIG 8A

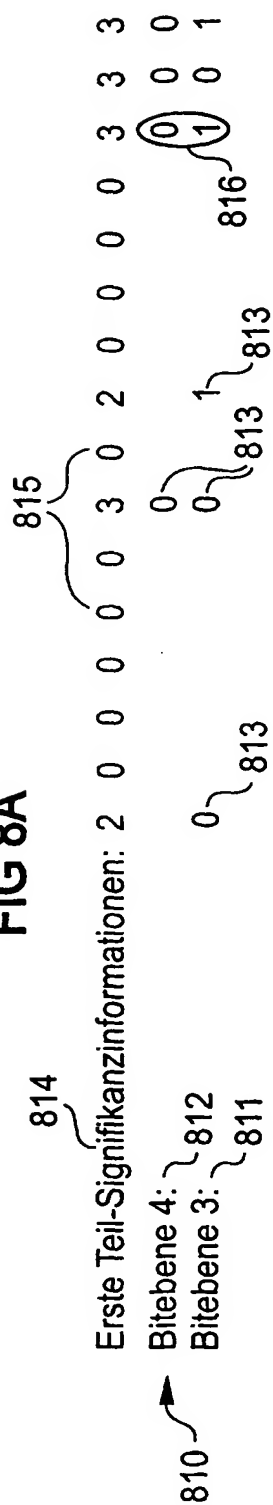


FIG 8B

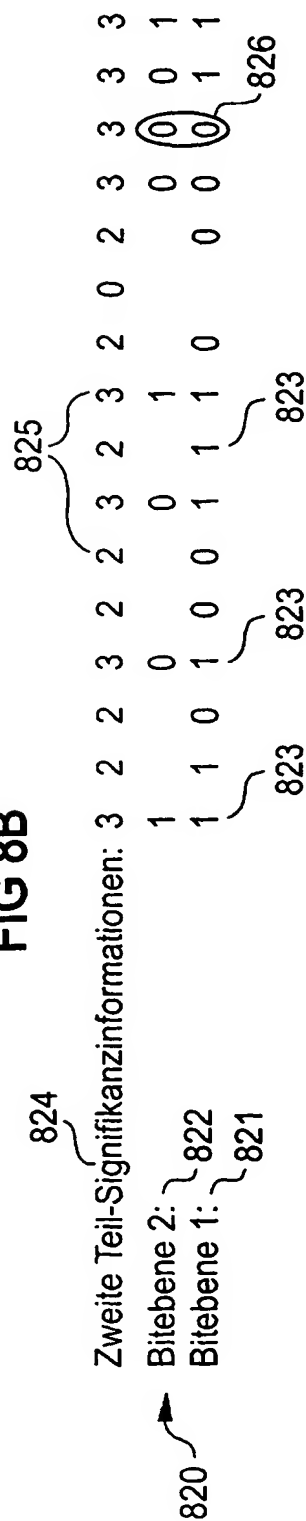
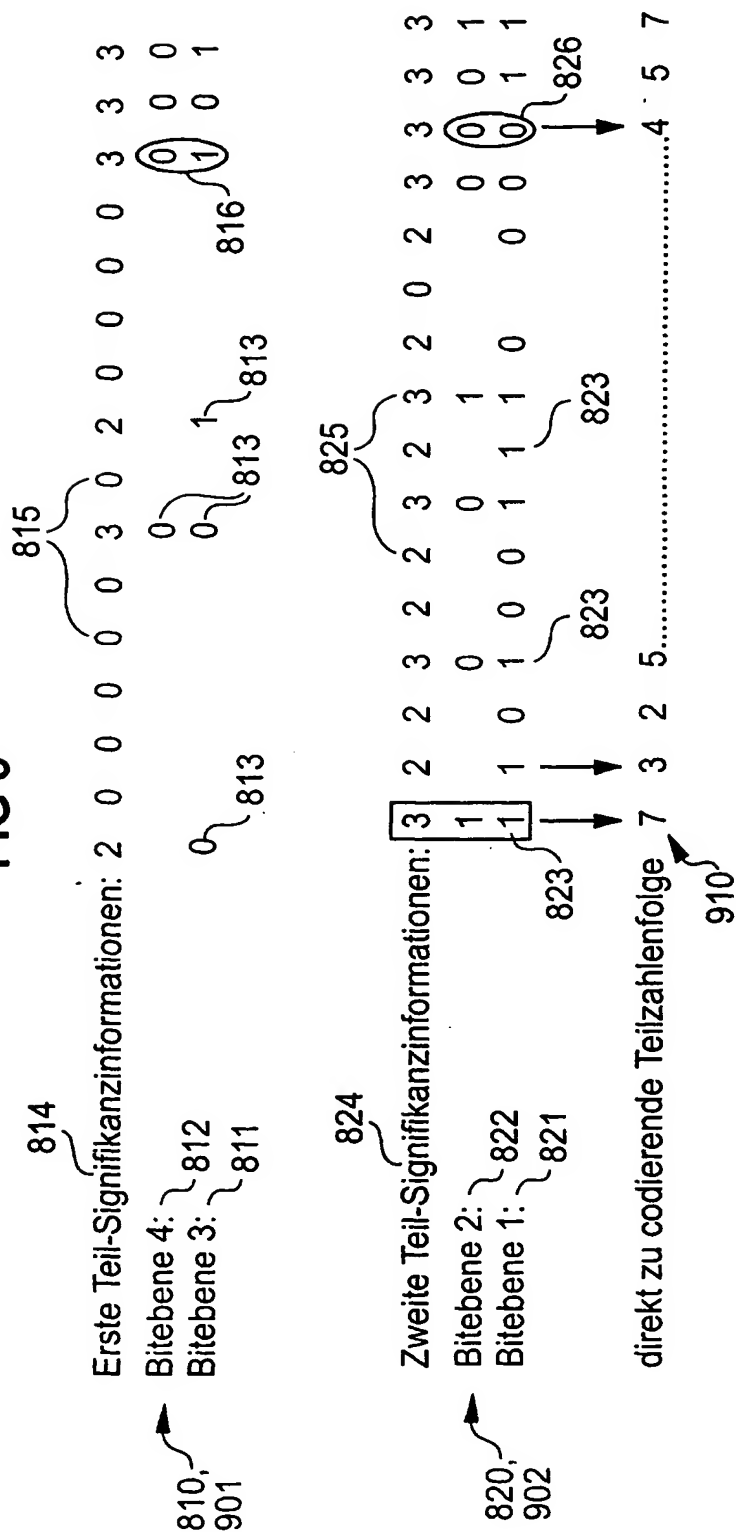


FIG 9



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.